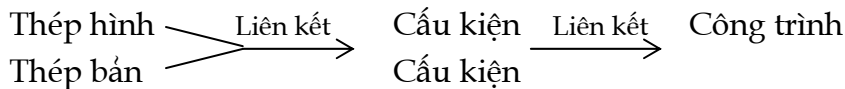


LIÊN KẾT

A. KHÁI NIỆM CHUNG:

1. Khái niệm:



- *Liên kết* đóng vai trò quan trọng trong kết cấu thép (khối lượng thiết kế và thi công lớn). Từ thép hình, thép bản thông qua liên kết thì được cấu kiện và các cấu kiện thông qua liên kết được công trình.

- *Các loại liên kết:* Liên kết hàn, liên kết bulông, liên kết đinh tán, liên kết dán, liên kết chốt, trong đó liên kết hàn sử dụng rộng rãi nhất chiếm hơn 85%.

2. Đặc điểm các loại liên kết

a. Liên kết hàn:

-*Ưu:* * Liên kết hàn tiết kiệm được từ 15 ÷ 20% trọng lượng thép do tiết diện cấu kiện không bị khoét lỗ, cũng do vậy mà khả năng chịu lực tăng.

* Liên kết hàn kín, liên tục → có thể thực hiện với các công trình bể chứa.

* Khả năng tự động hóa cao, ít tốn công chế tạo.

-*Nhược:*

* Khó kiểm tra chất lượng đường hàn.

* Chịu tải trọng nặng và tải trọng động kém, thường sinh ra ứng suất phụ (do co ngót không đều vì nhiệt) → biến hình hàn, mặt khác khi dùng nhiệt để nóng chảy thép hàn dễ làm thép trở nên giòn

→ *Khắc phục:* Cải thiện tính chất que hàn bằng cách thêm hợp kim màu.

b. Liên kết đinh tán:

-*Ưu:* * Chất lượng liên kết đảm bảo, dễ kiểm tra.

* Chịu được tải trọng nặng và chấn động

* Sử dụng nhiều với kết cấu chịu tải trọng nặng và động như: Dầm cầu chạy, dầm cầu đường sắt...

-*Nhược:*

* Tốn vật liệu.

* Tiết diện thép cơ bản bị giảm yếu (khoảng 15%) do khoét lỗ.

* Chế tạo và thi công phức tạp.

→ *Khắc phục:* Thay bằng liên kết bu lông cường độ cao.

c. Liên kết bu lông:

-*Ưu:* Thi công đơn giản, cho phép tháo lắp dễ dàng nhất là các công trình tạm thời, lắp các kết cấu trước khi hàn hay tán, lắp các trụ tháp cao...

-*Nhược:*

* Tốn vật liệu (bu lông, bản ghép...)

* Do lỗ tra bulông > bu lông nên khi chịu tải sẽ có hiện tượng biến dạng do trượt tại liên kết. Mặt khác, do lỗ tra lớn nên các bu lông không làm việc đồng bộ → giảm khả năng chịu lực

→ *Khắc phục:* Dùng bu lông tinh chế, bu lông cường độ cao (làm bằng thép hợp kim và siết chặt bằng máy), lực ma sát lớn → không có hiện tượng trượt tại liên kết.

B. LIÊN KẾT HÀN

§1. KHÁI NIỆM CHUNG:

1.1. Định nghĩa:

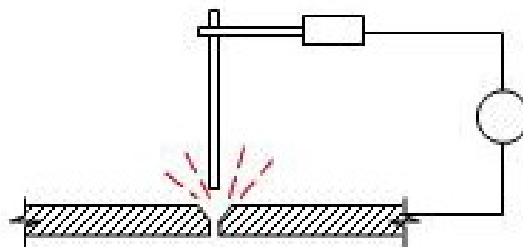
Bản chất của liên kết hàn là dùng vật liệu cùng loại để liên kết những cấu kiện rời rạc thành cấu kiện mới có khả năng chịu lực như cấu kiện nguyên.

1.2. Các phương pháp hàn:

Trong xây dựng thường gặp: hàn xì, hàn điện, hàn tiếp xúc hồ quang điện mà phổ biến nhất là phương pháp hồ quang điện.

1. Hàn tay hồ quang điện:

- Dưới tác dụng dòng điện, do chênh lệch điện thế nên giữa que hàn và kim loại cần hàn, có ngọn lửa hồ quang (*hiệu suất lên đến 2500°C*) làm nóng chảy que hàn và thép cơ bản đồng thời vùng xung quanh hồ quang sinh ra từ trường. Lực điện trường hút những giọt kim loại ở que hàn vào rãnh hàn tạo nên đường hàn khi nguội. *Nhờ đó có thể hàn ngược, rãnh hàn ở trên, que hàn ở dưới, giọt kim loại vẫn bị hút rơi vào rãnh hàn.*



Hình 2.1: - Sơ đồ hàn tay hồ quang điện

- *Ưu:* * Thiết bị gọn nhẹ, dùng tiện lợi nhất đối với các đường hàn ngắn, cong queo hay ở những vị trí khó hàn.

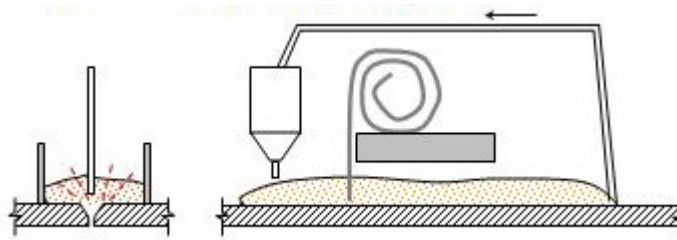
- *Nhược:* * Cường độ dòng điện nhỏ nên rãnh hàn không sâu.

* Chất lượng mối hàn kém do hồ quang không ổn định (vì không đảm bảo khoảng cách giữa que hàn và thép cơ bản), tốc độ hàn không đều → đường hàn chỗ dày, chỗ mỏng.

* Năng suất thấp.

2. Hàn tự động hồ quang điện:

- **Nguyên lý:** Tương tự hàn tay nhưng quá trình hàn thực hiện tự động bằng máy. Trước khi hàn, thuốc hàn ở dạng bột vụn được rải trên đường hàn. Que hàn được thay bằng cuộn dây hàn trần ngấp sâu vào thuốc hàn để tiếp xúc với thép cơ bản tạo thành hồ quang điện. Dây hàn tự động nhả và dịch chuyển theo rãnh hàn với tốc độ của máy hàn. Thuốc hàn sau khi hàn được hút đưa vào thùng để rải tiếp.



Hình 2.2: - Sơ đồ hàn tự động hồ quang điện

- **Ưu :** Hàn tự động khắc phục được một số hạn chế của hàn tay:

* Bảo đảm chất lượng đường hàn: Khoảng cách giữa que hàn và thép cơ bản đều đặn.

* Tốc độ đường hàn ổn định, mối hàn đều, không có chỗ dày, chỗ mỏng.

* Không bị hiện tượng non hay quá già.

* Hàn nhanh 40 ÷ 50m/h gấp 5 ÷ 10 lần hàn tay.

* Hồ quang cháy dưới lớp thuốc nên không gây hại cho sức khỏe thợ hàn.

- **Nhược:** Chỉ hàn được những đường hàn thẳng hoặc tròn.

→ Khắc phục : hàn bán tự động (máy hàn di chuyển bằng tay).

3. Hàn xì:

- **Nguyên tắc:** Dùng $t^0 = 3200^0\text{C}$ do đốt cháy oxy và axetylen để nung nóng chảy kim loại hàn.

- **Đặc điểm:** Tốc độ chậm, năng suất thấp, thường dùng để hàn những tấm mỏng, cắt thép.

1.3. Que hàn:

- Có các loại $\varnothing 42, \varnothing 42A, \varnothing 50, \varnothing 50 A$

* Các chỉ số là ứng suất bền của mối hàn khi kéo đứt (Ví dụ: $R_b = 4200 \text{ kg/cm}^2$).

* Chữ A: Có kim loại màu để tăng chất lượng, dùng cho kết cấu chịu tải trọng động.

- Que hàn có 2 phần: lõi kim loại và thuốc hàn bao quanh.
* Lõi kim loại lấp rãnh hàn nên có tính chất cơ lý và thành phần tương tự thép cơ bản.

* Thuốc hàn bao quanh dày $1 \div 1,5\text{mm}$. Thành phần gồm:

Phần tạo xỉ: phủ lên mặt đường hàn: bột đá, để cách ly hồ quang với không khí, tránh cho nito và oxy không hòa tan vào rãnh hàn đang chảy lỏng làm đường hàn trở nên giòn đồng thời đủ cho đường hàn nguội từ từ, tránh hiện tượng nứt khi nguội đột ngột.

Các chất để cải thiện chất lượng đường hàn: bột các hợp kim.

Các chất tăng quá trình ion hóa: tạo hồ quang ổn định và nâng cao tốc độ hàn.

1.4. Yêu cầu khi hàn & phương pháp kiểm tra chất lượng đường hàn:

1. Yêu cầu:

- **Trước khi hàn:**

* Cạo sạch gỉ trên mặt rãnh hàn. Khi hàn nhiều lớp, cần cạo sạch xỉ những lớp hàn trước, trước khi hàn lớp sau.

* Kiểm tra khe hở, mép rãnh hàn để đảm bảo quy định gia công mép.

* Chọn que hàn phù hợp.

- **Khi hàn:**

* Dùng cường độ dòng điện hợp lý để không có đường hàn non lửa hay quá lửa.

(Non lửa, nhiệt độ thấp, rãnh hàn không đủ chảy \rightarrow liên kết kim loại que hàn và thép cơ bản yếu \rightarrow chất lượng thấp. Quá lửa, nhiệt độ cao làm oxy không khí lọt vào thép tạo ôxít khi đốt cháy C, Mn. \rightarrow giảm độ bền đường hàn.)

* Chọn trình tự hàn hợp lý để tránh biến hình và ứng suất hàn quá lớn.

* Khoảng cách giữa que hàn và mối hàn từ $1 \div 2\text{mm}$ và giữ tốc độ đều.

* Giữ mặt trên của đường hàn phẳng đều, không lồi lõm.

2. Kiểm tra chất lượng đường hàn:

- **Kiểm tra trong khi hàn:** Đường hàn phẳng, tiết diện đều, không nứt rạn.

- **Sau khi hàn:** Dùng búa gõ, nếu nghe đều thì tốt.

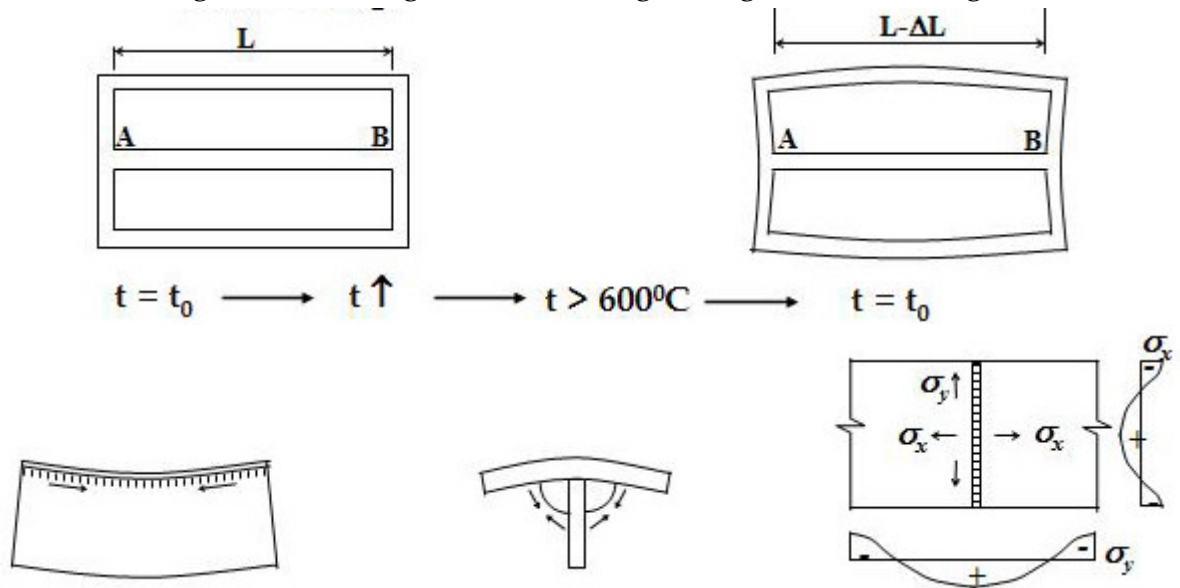
- **Phương pháp vật lý:** Rải bột kim loại trên mối hàn rồi cho từ trường đi qua, nếu có bột vụn tập trung có thể có rạn nứt. Hoặc dùng máy siêu âm, quang tuyến... (Công trình quan trọng như bể chứa, ống cao áp...)

1.5. Ứng suất hàn - Biến hình hàn:

1. Hiện tượng:

Xét thanh thép AB được ngàm chặt bằng 1 khung thép bên ngoài, khi nung nóng riêng thanh AB thì thanh AB giãn ra, tăng chiều dài, làm khung bên ngoài biến dạng. Khi $t^0 > 600^0\text{C}$: thanh AB hoá dẻo, không chịu lực được, khung bên ngoài trở về trạng

thái ban đầu, khi đó các tinh thể trong thanh AB sắp xếp lại. Sau đó cho thanh AB nguội lại nhiệt độ ban đầu, thanh thép sẽ co lại một đoạn ΔL , khung bên ngoài giữ lại nên xuất hiện ứng suất kéo trong thanh và khung bên ngoài bị biến dạng.



Hình 2.3: Ứng suất hàn và biến hình hàn

- Quá trình hàn cũng có hiện tượng như vậy. Khi nguội, đường hàn co ngót, nhưng vùng thép lân cận đường hàn còn nguội tạo thành ngàm tự nhiên cản trở sự co ngót của vùng nóng chảy quanh đường hàn → từ đó sinh ra *ứng suất hàn* (*ứng suất nhiệt, ứng suất do co ngót*) → làm tăng khả năng phá hoại dòn (nhất là trong trạng thái ứng suất phẳng và ứng suất khối, khó biến dạng dẻo). Mặt khác, cũng do ảnh hưởng nhiệt độ, cấu kiện bị cong vênh gọi là *biến hình hàn* → mất công sửa chữa.

2. Biện pháp khắc phục:

- Thiết kế đường hàn vừa đủ yêu cầu, tránh các đường hàn kín, tập trung và cắt nhau cản trở biến dạng tự do của vật liệu khi hàn, không nên dùng đường hàn quá dày làm tăng biến hình hàn.

- Trong chế tạo và thi công: Chọn qui trình hàn hợp lý hoặc chia nhỏ các đoạn cần hàn.

- Dùng biến hình ngược để sau khi hàn không xuất hiện biến hình (hình 2.4).

- Dùng biến hình nóng nghĩa là dùng t^0 để cho thép nở căng theo phương ngược lại rồi mới hàn.

- Nung nóng vùng xung quanh đường hàn trước khi hàn (giảm bớt sự phân bố không đều của t^0 trong khu vực hàn và giảm thấp tốc độ nguội lại của kim loại) → phân bố ứng suất đều hơn.

- Hàn nhiều lớp với những đường hàn lớn để t^0 ở đường hàn không quá cao và ở một phần đường hàn, ứng suất triệt tiêu lẫn nhau bớt.

- Dùng khuôn cố định cấu kiện khi hàn.



Hình 2.4: - Biến hình ngược

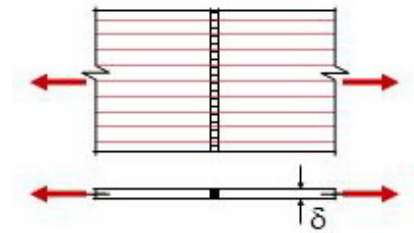
§2. CÁC LOẠI ĐƯỜNG HÀN - CƯỜNG ĐỘ Đ. HÀN:

2.1. Các loại đường hàn:

1. Theo cấu tạo: Có 2 loại:

a. Đường hàn đối đầu:

Thép cơ bản cần hàn được đặt đối đầu nhau trên một mặt phẳng rồi hàn lại. Đường hàn coi như phần kéo dài của thép cơ bản nên làm việc như thép cơ bản.



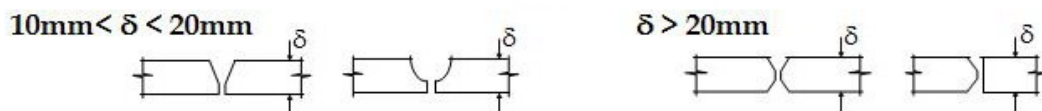
Hình 2.5: - Hàn đối đầu

- **Ưu:**
 - * Truyền lực tốt.
 - * Tiết kiệm thép và không tốn thép làm bản ghép.
 - * Ứng suất phân bố đều đặn, không có sự thay đổi đột ngột tiết diện ở đường hàn nên hạn chế được ứng suất tập trung và ứng suất nhiều chiều → chịu được tải trọng động và nặng.

- **Nhược:** Với thép có bề dày $\delta > 10\text{mm}$, không thể hàn từ trên xuống mà phải gia công mép để đưa que hàn xuống sâu đảm bảo nóng chảy trên toàn bộ bề dày → tốn công chế tạo.

* Khi $10\text{mm} < \delta < 20\text{mm}$: Gia công mép một phía: Chữ V, chữ Y và chữ U.

* Khi $20\text{mm} < \delta$: Gia công mép hai phía: Chữ K, chữ X.



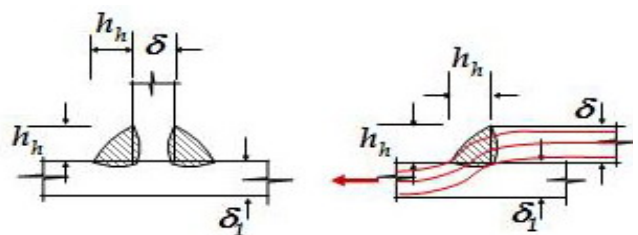
Hình 2.6: - Gia công mép rãnh hàn.

b. Đường hàn góc:

Hai cấu kiện cần hàn được đặt chồng lên nhau hay thẳng góc với nhau.

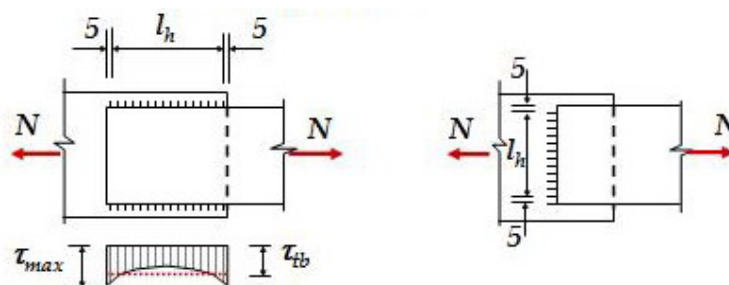
- Tùy theo vị trí của đường hàn so với phương của lực tác dụng mà chia ra:

* **Đường hàn góc cạnh:** Đường hàn góc song song với phương của lực tác dụng.



Hình 2.7: - Đường hàn góc

* **Đường hàn góc đầu:** Đường hàn góc vuông với phương của lực tác dụng.

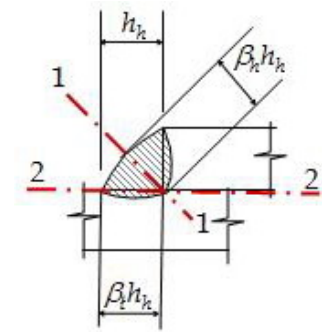


Hình 2.8: - Đh góc cạnh, đh góc đầu

- *Sự làm việc*: Hướng của đường lực trong liên kết thay đổi phức tạp, ứng suất phân bố không đều → không dùng đường hàn quá dài. Đường hàn góc cạnh chịu cả ứng suất cắt và uốn; đường hàn góc đầu chịu cả ứng suất cắt, kéo, uốn → Khi tính toán, coi như chỉ chịu cắt, phá hoại theo một trong hai tiết diện quy ước:

* *Tiết diện 1*: Dọc theo kim loại đường hàn.

* *Tiết diện 2*: Dọc theo biên nóng chảy của thép cơ bản.

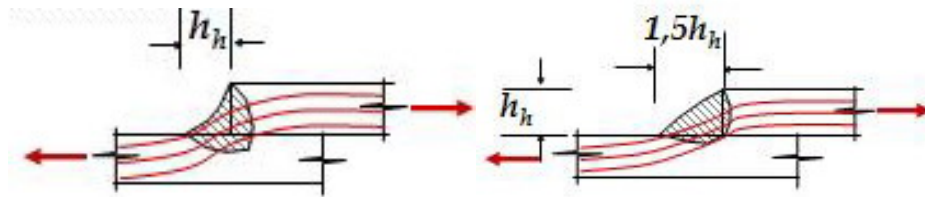


Hình 2.9: - Tiết diện làm việc của đh góc

Ưu: * Đơn giản, không tốn công gia công mép.

Nhược: * Tốn vật liệu.

* Đường sức đi qua đường hàn bị dồn ép và uốn cong do đó sinh ra ứng suất tập trung và nhiều chiều tại đường hàn nên chỉ được dùng cho kết cấu chịu tải trọng tĩnh. Để giảm bớt ứng suất tập trung, khi chịu tải trọng động, ta dùng đường hàn góc sâu hay góc thoải.



Hình 2.10: - Đường hàn góc sâu và đường hàn góc thoải

- *Điều kiện cấu tạo*: Theo quy phạm

* $h_{h \min} = 4 \text{ mm}$: để tránh hiện tượng hàn không được sâu.

* $h_{h \max} = 1,5 \delta_{\min}$ đối với kết cấu chịu tải trọng tĩnh.

$h_{h \max} = 1,2 \delta_{\min}$ đối với kết cấu chịu tải trọng động.

$h_h \leq 25 \text{ mm}$. (δ_{\min} : bề dày nhỏ nhất của cấu kiện liên kết) .

* $l_{h \min} = 4 h_h$ và $l_h \geq 40 \text{ mm}$: tránh ảnh hưởng lệch tâm gây uốn .

* $l_h \leq 60 \cdot h_h$; Đường hàn góc cạnh $l_h \leq 85 \cdot \beta_h \cdot h_h$: tránh ứng suất phân bố không đều.

2. Phân loại theo các hình thức khác:

- *Theo điều kiện làm việc*: Đường hàn cấu tạo, đường hàn chịu lực, đường hàn kín...

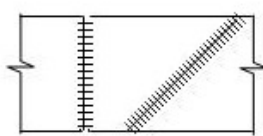
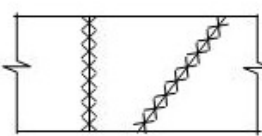
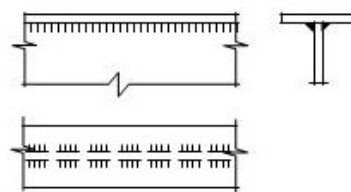
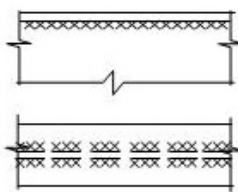
- *Theo chiều dài* : Đường hàn liên tục, đường hàn gián đoạn.

- *Theo điều kiện chế tạo*: Đường hàn công xưởng, đường hàn công trường. Đường hàn công xưởng chất lượng cao hơn, làm việc gần như thép cơ bản.

- *Theo vị trí không gian* : Đường hàn nằm, ngang, đứng ngược.

Chú ý: Trong khâu thiết kế cần quan tâm đến công nghệ làm để tránh những đường hàn bất lợi (đường hàn ngược).

3. Ký hiệu đường hàn:

	Đh công xưởng:	Đh công trường:
Đh đối đầu:		
Đh góc:		

2.2. Cường độ tính toán đường hàn:

Phụ thuộc vào chất lượng que hàn, thép cơ bản, loại đường hàn, phương pháp hàn và phương pháp kiểm tra chất lượng đường hàn.

1. Đường hàn đối đầu:

Phụ thuộc vật liệu đường hàn và phương pháp kiểm tra chất lượng đường hàn.

Khi chịu nén: không ảnh hưởng bởi phương pháp hàn cũng như phương pháp kiểm tra. Cường độ đường hàn bảo đảm: $R_n^h = R$.

Khi chịu kéo:

- Dùng phương pháp vật lý để kiểm tra chất lượng đường hàn. Cường độ đường hàn bảo đảm: $R_k^h = R$.
- Dùng phương pháp thông thường, đơn giản để kiểm tra chất lượng đường hàn. Cường độ đường hàn không bảo đảm: $R_k^h = 0,85R$.

2. Đường hàn góc:

Cường độ đường hàn góc cạnh và góc đầu là như nhau.

Do đường hàn góc có thể bị phá hoại theo 2 tiết diện khác nhau đi qua hai miền thép có độ bền khác nhau nên có hai cường độ tính toán chịu cắt (quy ước) như nhau.

Tương ứng với tiết diện 1-1 (hình 2.9) có cường độ tính toán chịu cắt của thép đường hàn: R_g^h (phụ thuộc vào vật liệu que hàn);

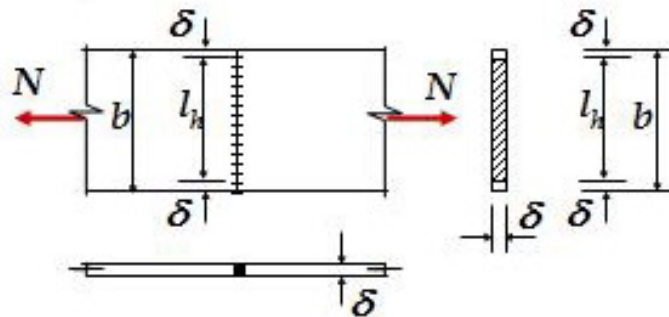
Tương ứng với tiết diện 2-2 (hình 2.9) có cường độ tính toán của thép cơ bản trên biên nóng chảy: $R_g^t = 0,45.R_{tcb}$ (R_{tcb} : cường độ tức thời tiêu chuẩn của thép cơ bản).

Nên chọn que hàn sao cho $R_g^h \approx R_g^t$.

§3. PH. PHÁP TÍNH TOÁN CÁC LOẠI ĐƯỜNG HÀN:

3.1. Đường hàn chịu lực dọc trục:

1. Đường hàn đối đầu thẳng góc với phương lực:



Hình 2.11: - Đường hàn đối đầu thẳng góc với phương chịu lực

- Đường hàn đối đầu làm việc gần giống thép cơ bản nhưng khả năng chịu lực khi chịu kéo kém hơn chịu nén.

- Điều kiện bền : Ứng suất trong đường hàn phải thỏa:

$$* \text{Chịu kéo: } \sigma_k = \frac{N}{F_h} = \frac{N}{l_h \cdot \delta_h} \leq \gamma \cdot R_k^h \quad (2.1)$$

$$* \text{Chịu nén: } \sigma_n = \frac{N}{F_h} = \frac{N}{l_h \cdot \delta_h} \leq \gamma \cdot R_n^h \quad (2.2)$$

Trong đó: γ : Hệ số điều kiện làm việc ($\gamma = 1$)

N : Nội lực kéo hoặc nén tác dụng lên liên kết.

$\delta_h = \delta_{\min}$: Chiều dày tính toán đường hàn bằng chiều dày nhỏ nhất của các cấu kiện.

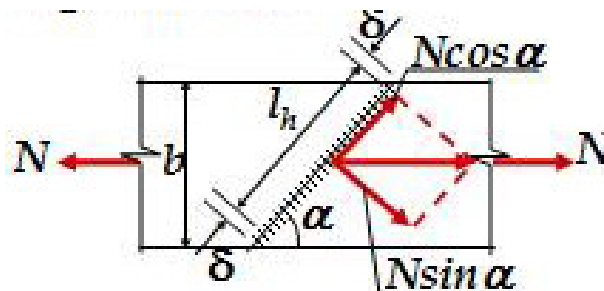
$l_h = b - 2\delta$: Chiều dài tính toán đường hàn.

R_n^h, R_k^h : Cường độ tính toán của mối hàn đối đầu chịu nén, kéo.

Chú ý: Ở đầu đường hàn do chất lượng kém (bị cháy) nên mỗi đầu đường hàn phải trừ một đoạn $\delta \rightarrow l_h = b - 2\delta$

→ Để tránh hiện tượng trên có thể đưa thêm 2 tấm đệm vào 2 đầu, sau khi hàn thì cắt nó ra: $l_h = b$.

2. Đường hàn đối đầu xiên góc với phương lực:



Hình 2.12: - Đường hàn đối đầu xiên góc với phương chịu lực

Dùng đường hàn xiên góc để tăng chiều dài đường hàn khi đường hàn thẳng góc không đủ chịu lực.

- Điều kiện bền :

$$* \text{ Chịu kéo: } \sigma_k = \frac{N}{F_h} \cdot \sin \alpha = \frac{N}{l_h \cdot \delta_h} \cdot \sin \alpha \leq \gamma \cdot R_k^h \quad (2.3)$$

$$* \text{ Chịu nén: } \sigma_n = \frac{N}{F_h} \cdot \sin \alpha = \frac{N}{l_h \cdot \delta_h} \cdot \sin \alpha \leq \gamma \cdot R_n^h \quad (2.4)$$

$$* \text{ Chịu cắt: } \tau_c = \frac{N}{F_h} \cdot \cos \alpha = \frac{N}{l_h \cdot \delta_h} \cdot \cos \alpha \leq \gamma \cdot R_c^h \quad (2.5)$$

Trong đó: $\gamma = 1$

$$l_h = \frac{b}{\sin \alpha} - 2\delta \quad (\alpha: \text{Góc giữa phương của lực dọc và mối hàn})$$

$$\delta_h = \delta_{\min}$$

Khi: $\tan \alpha = 2 \rightarrow$ cường độ đường hàn gấp đôi nên không cần kiểm tra.

3. Đường hàn góc:

- Đường hàn góc cạnh và góc đầu tính như nhau.

Phá hoại chủ yếu là do cắt trên hai tiết diện quy ước 1 và 2.

- Điều kiện bền:

$$* \text{ Tiết diện 1: } \frac{N}{\beta_h \cdot h_h \cdot \sum l_h} \leq \gamma \cdot R_{gh} \quad (2.6)$$

$$* \text{ Tiết diện 2: } \frac{N}{\beta_t \cdot h_h \cdot \sum l_h} \leq \gamma \cdot R_{gt} \quad (2.7)$$

β_h, β_t : Hệ số chiều sâu nóng chảy ứng với tiết diện 1

và 2

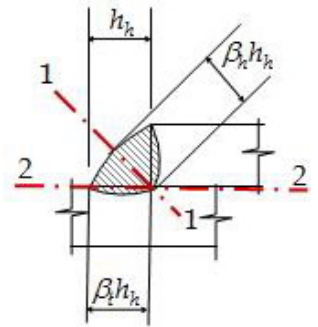
Hàn tay: $\beta_h = 0,7; \beta_t = 1 \rightarrow$ thường bị phá hoại theo tiết diện 1

$\sum l_h$: Tổng chiều dài đường hàn góc.

R_g^h, R_g^t : Cường độ tính toán chịu cắt quy ước của thép đường hàn và thép cơ bản.

Khi thiết kế, nếu chọn trước h_h dựa vào chiều dày δ_{\min}

$$\rightarrow \sum l_h = \frac{N}{\gamma \cdot (\beta \cdot R_g)_{\min} \cdot h_h} \quad (2.8)$$



Hình 2.9: - tiết diện làm việc của đường hàn góc

3.2. Đường hàn chịu mômen M:

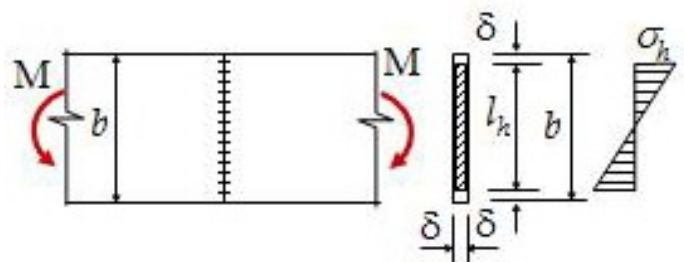
1. Đường hàn đối đầu:

Điều kiện bền:

$$\sigma_h = \frac{M}{W_h} = \frac{6M}{\delta_h \cdot l_h^2} \leq \gamma \cdot R_k^h \quad (2.9)$$

W_h : Mômen chống uốn của

đường hàn: $W_h = \frac{\delta_h \cdot l_h^2}{6}$



Hình 2.13: - Đường hàn đối đầu chịu M

2. Đường hàn góc cạnh:

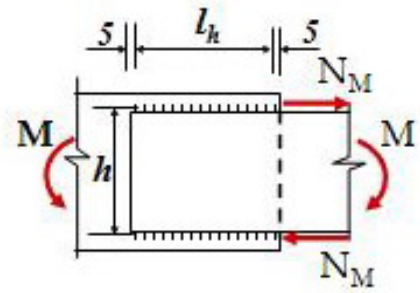
Mômen gây ra cặp ngẫu lực:

$$N_M = \frac{M}{h}$$

Điều kiện bền :

$$\tau_{1M} = \frac{N_M}{\beta_h \cdot h_h \cdot \sum l_h} \leq \gamma \cdot R_g^h \quad (2.10)$$

$$\tau_{2M} = \frac{N_M}{\beta_t \cdot h_h \cdot \sum l_h} \leq \gamma \cdot R_g^t \quad (2.11)$$



Hình 2.14: - Đh góc cạnh chịu M

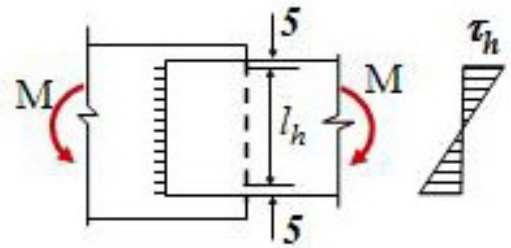
3. Đường hàn góc đầu:

Ứng suất trên đường hàn là ứng suất tiếp phân bố dưới dạng ứng suất pháp do mômen tác dụng.

Điều kiện bền :

$$\tau_{1M} = \frac{M}{W_g^h} \leq \gamma \cdot R_g^h \quad (2.12)$$

$$\tau_{2M} = \frac{M}{W_g^t} \leq \gamma \cdot R_g^t \quad (2.13)$$



Hình 2.15: - Đh góc đầu chịu M

W_g^h : Mômen chống uốn của đường hàn trên tiết diện 1: $W_g^h = \frac{(\beta_h \cdot h_h) l_h^2}{6}$

W_g^t : Mômen chống uốn của thép cơ bản trên tiết diện 2: $W_g^t = \frac{(\beta_t \cdot h_h) l_h^2}{6}$

3.3. Đường hàn chịu mômen M, lực cắt Q và lực dọc N:

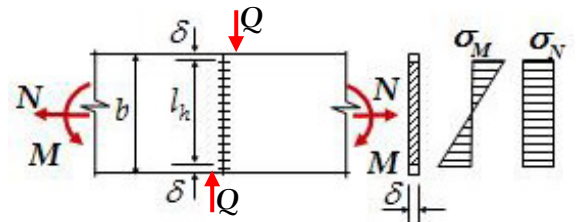
- Nguyên tắc: Tính ứng suất cho mỗi loại nội lực rồi dùng nguyên lý cộng tác dụng để kiểm tra bền.

1. Đường hàn đối đầu:

$$\sigma_N = \frac{N}{F_h}$$

$$\sigma_M = \frac{M}{W_h}$$

$$\tau_Q = \frac{Q}{F_h}$$



Hình 2.16: - Đh đối đầu chịu M,N,Q

$$\rightarrow \sigma_{td} = \sqrt{(\sigma_N + \sigma_M)^2 + 3\tau_Q^2} \leq 1,15 \cdot \gamma \cdot R_k^h \quad (2.14)$$

Với:

$$F_h = \delta_h \cdot l_h$$

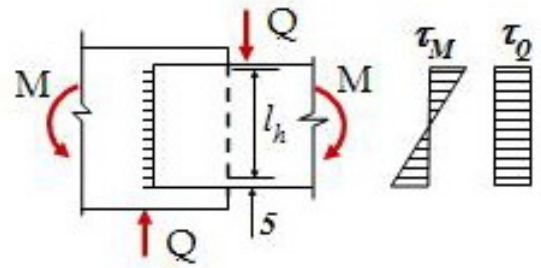
$$W_h = \delta_h \cdot l_h^2 / 6$$

3. Đường hàn góc đầu:

$$\tau_M = \frac{M}{W_h}$$

$$\tau_Q = \frac{Q}{F_h}$$

$$\rightarrow \tau_{td} = \sqrt{\tau_M^2 + \tau_Q^2} \leq \gamma \cdot R_g^h \quad (2.15)$$



Hình 2.17: - Đh góc đầu chịu M, Q

§4. PHƯƠNG PHÁP TÍNH TOÁN LIÊN KẾT HÀN:

4.1. Liên kết đối đầu:

- Dùng đường hàn đối đầu (thẳng góc hay xiên góc)
- Dùng để nối các thép bản + thép bản.
- Các bước tính (khi chịu lực dọc trục N)

* Kiểm tra thép cơ bản:

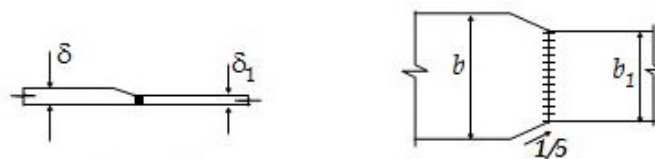
$$\sigma_{cb} = \frac{N}{F_{cb}} = \frac{N}{\delta \cdot b} \leq \gamma \cdot R_{k,n}^h \quad (2.16)$$

* Chọn đường hàn: $\delta_h = \delta$; $l_h = b - 2\delta$

* Kiểm tra đường hàn:

$$\sigma_h = \frac{N}{\delta_h \cdot l_h} \leq \gamma \cdot R_{k,n}^h \quad (2.17)$$

Nếu không thỏa thì dùng đường hàn đối đầu xiên góc hay đường hàn hỗn hợp.
Khi thép cơ bản có bề rộng khác nhau phải cắt vát để hạn chế ứng suất tập trung.



Hình 2.18: - Liên kết đối đầu

4.2.

Liên kết

chồng dùng đường hàn góc:

- Dùng để nối thép bản + thép bản; thép bản + thép hình.

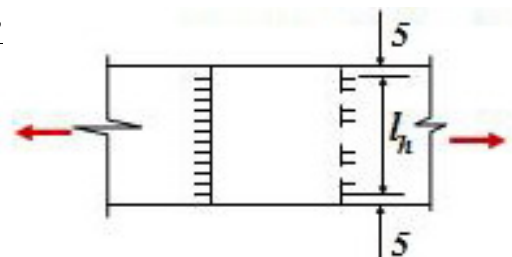
1. Nối thép bản với thép bản:

- Đường hàn góc đầu:

Có chiều rộng thép bản b

$$\rightarrow \Sigma l_h = 2(b - 1)$$

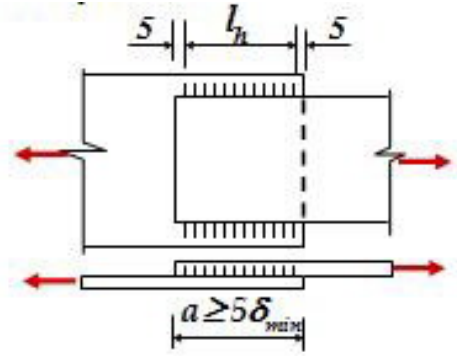
$$\rightarrow h_h$$



Hình 2.19: - Lk chồng dùng đh góc đầu

- Đường hàn góc cạnh:

Chọn: $h_h = \delta_{\min}$
 $\rightarrow \Sigma l_h$



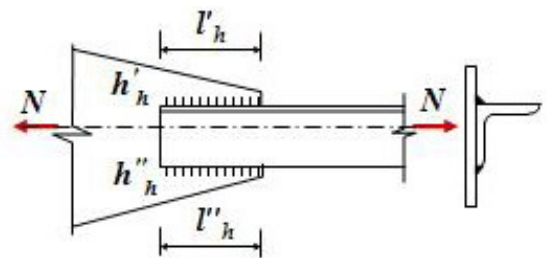
Hình 2.20: Lk chồng dùng đh góc cạnh

2.Nối thép hình với thép bản:

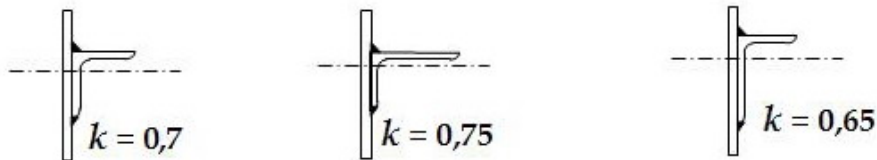
- Khi liên kết thép góc với thép bản, đường hàn góc ở sống thép góc chịu lực nhiều hơn đường hàn góc ở mép. Gọi k là hệ số phân phối lực cho đường hàn sống

$$k = \frac{e''}{e' + e''}$$

Hệ số k phụ thuộc thép góc đều hay không đều cạnh.



Hình 2.21: -Lk nối thép hình + bản



Hình 2.22: Hệ số phân phối lực cho đường hàn sống k

Chọn trước chiều cao đường hàn đường hàn sống:

$$h'_h \leq 1,2\delta_{\min}$$

\rightarrow Chiều dài đường hàn sống:

$$l'_h = \frac{k.N}{\gamma.h'_h.(\beta.R_g)_{\min}} + 1 \quad (2.18)$$

Chọn trước chiều cao đường hàn đường hàn mép:

$$h''_h = \delta_g - (1 \div 2)mm$$

\rightarrow Chiều dài đường hàn mép:

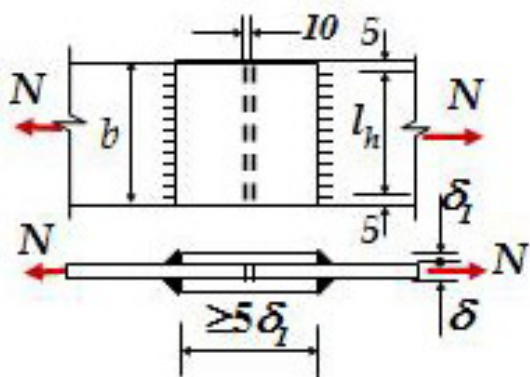
$$l''_h = \frac{k.N}{\gamma.h''_h.(\beta.R_g)_{\min}} + 1 \quad (2.19)$$

4.3. Liên kết dùng bản ghép:

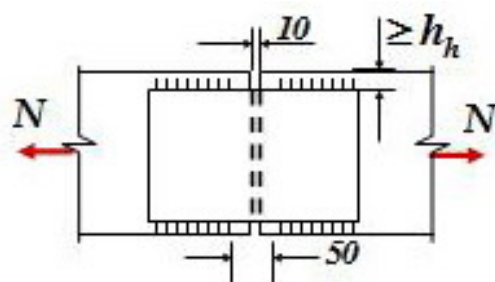
Dùng để nối thép bản + thép bản; thép hình + thép hình.

1. Nối thép bản với thép bản:

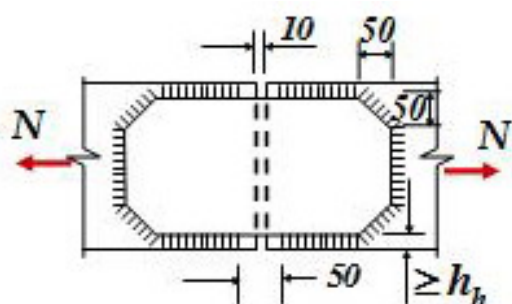
Có các cách:



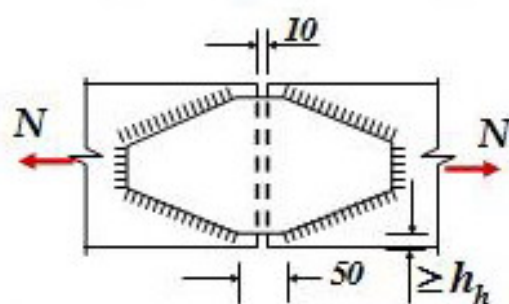
Hình 2.23: -Lk đối đầu dùng đh góc đầu



Hình 2.24: -Lk đối đầu dùng đh góc cạnh



Hình 2.25: -Lk đối đầu dùng đh vòng



50 mm không hàn: Để tránh ứng suất hàn.

10 mm: Tránh chế tạo không chính xác.

Bản ghép vát góc để tránh ứng suất tập trung.

- Các bước tính toán:

* Kiểm tra thép cơ bản: $\sigma = \frac{N}{F_{cb}} \leq R$ (2.20)

* Chọn bản ghép:

Đường hàn góc đầu: chọn bề rộng bản ghép $b_{bg} = b$.

Đường hàn góc cạnh, đường hàn vòng: chọn bề rộng bản ghép $b_{bg} = b - (20 \div 30)mm$ (đủ bố trí đường hàn).

→ Chọn bề dày bản ghép δ_{bg} theo điều kiện:

$$\Sigma F_{bg} \geq F_{cb} \quad (2.21)$$

* Tính đường hàn:

Đường hàn 1 nửa bản ghép chịu toàn bộ lực N .

Đường hàn góc đầu: Có Σl_h → Chiều cao đường hàn h_h

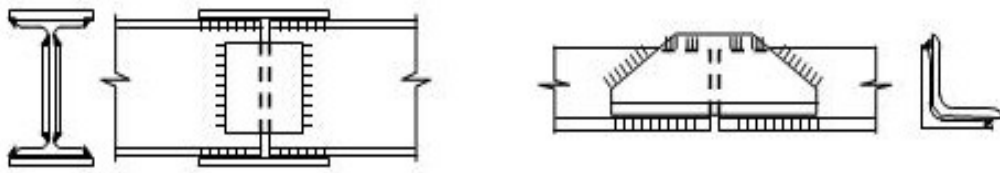
Đường hàn góc cạnh, đường hàn vòng: Chọn chiều cao đường hàn $h_h \leq \delta_{bg}$.

→ Tính chiều dài đường hàn Σl_h . → Chiều dài bản ghép L_{bg} .

- Chú ý:

Có thể dùng 1 hay 2 bản ghép. Loại 1 bản ghép có hiện tượng lệch tâm nên ít dùng

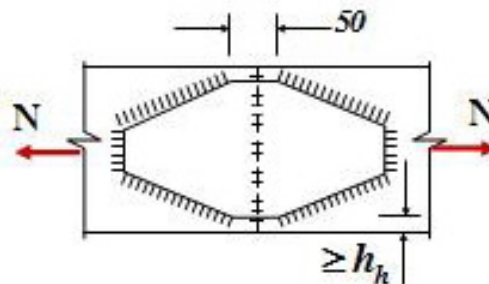
2. Nối thép hình với thép hình:



Hình 2.26: -Lk thép hình và thép hình dùng bản ghép hoặc thép góc.

4.4. Liên kết hỗn hợp:

Khi đường hàn đối đầu thẳng góc không đủ khả năng chịu lực, gia cường thêm bản ghép liên kết với thép cơ bản bằng đường hàn góc → Liên kết hỗn hợp .



Hình 2.27: Liên kết hỗn hợp

- **Ưu** : Tăng khả năng chịu lực.
- **Nhược**: Ứng suất tập trung lớn, tổn công chế tạo (sau khi hàn đối đầu phải gia công nguội làm phẳng mặt rồi mới hàn các bản ghép) → chỉ dùng khi thật cần thiết.
- Ứng suất trong đường hàn đối đầu và trong bản ghép bằng nhau:

$$\sigma = \frac{N}{F_{cb} + \sum F_{bg}} = \frac{N}{F_h + \sum F_{bg}} \leq R_k^h \quad (2.22)$$

F_h : Diện tích đường hàn đối đầu = F_{cb} : Diện tích thép cơ bản.

Tổng diện tích bản ghép:

$$\sum F_{bg} = \frac{N}{R_k^h} - F_h \quad (2.23)$$

Chọn bề rộng bản ghép $b_{bg} = b - (20 \div 30)\text{mm}$ (đủ bố trí đường hàn).

→ Tính chiều dày bản ghép: δ_{bg} .

- Lực truyền qua bản ghép: $N_{bg} = \sigma_h \cdot F_{bg}$

- Chọn chiều cao đường hàn $h_h \leq \delta_{bg}$.

- Tổng chiều dài cần thiết của đường hàn góc để liên kết một bản ghép ở một phía liên kết:

$$\sum l_h = \frac{N_{bg}}{\gamma \cdot h_h \cdot (\beta \cdot R_g)_{\min}} \quad (2.24)$$

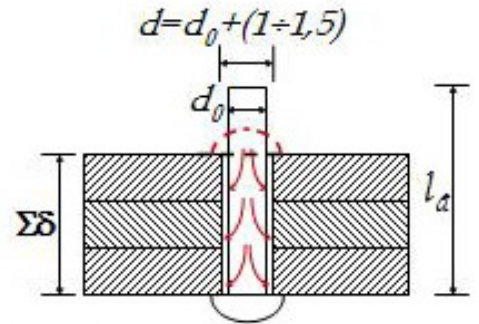
C. LIÊN KẾT ĐÌNH TÁN

§1. KHÁI NIỆM CHUNG:

1.1. Khái niệm:

1. Đình tán:

Là đoạn thép tròn một đầu tạo mũ sẵn, một đầu tán thành mũ sau khi tra đình vào liên kết. Chế tạo: Dùng thép cắt thành từng đoạn rồi dùng phương pháp dập hay rèn để chế tạo mũ đình.



Hình 2.28: Liên kết đình tán

2. Cấu tạo đình:

- **Chiều dài của đình:** Gồm 2 phần:

* Phần lấp đầy lỗ đình sau khi tán

xong.

* Phần tạo mũ.

$$l_d = 1,12 \cdot \Sigma \delta + 1,4 \cdot d \quad (2.25)$$

- **Đường kính lỗ:** $d = d_0 + (1 \div 1,5) \quad (2.26)$

Với: d_0 : Đường kính đình.

d_0	12	14	16	18	20	22	24	27	30
d	13	15	17	19	21	23	25	28,5	31,5

(Kết cấu nhẹ)

(Kết cấu vừa)

(Kết cấu nặng)

Đường kính liên kết đình tán là đường kính lỗ gọi là đường kính tính toán. Khi tính toán cho phép lấy $d = d_{lỗ}$

- **Vật liệu làm đình:** Phải có tính chất cơ lý tương đương thép cơ bản nhưng dẻo hơn. Thường dùng là thép CT_{3d} (tính chất cơ lý giống thép CT₃ nhưng dẻo hơn).

3. Các loại đình tán:

Đình tán gồm các loại:



Hình 2.29: Các loại đình tán

- **Đình đầu bán cầu:** Dùng phổ biến nhất

- **Đình đầu chìm:** Dùng cho những kết cấu yêu cầu phẳng mặt (cánh trên của dầm cầu chạy).

- **Đình đầu nửa chìm:** Dùng khi không gian phía đầu đình bị hạn chế.

- **Đinh đầu cao:** Dùng khi tổng bề dày các bản thép $\Sigma\delta > 5d$ để tránh bị sụt mũ đinh.

1.2.Các phương pháp tạo lỗ:

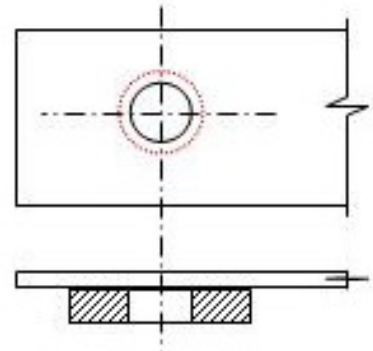
Có 3 phương pháp

1.Phương pháp đột:

Ký hiệu loại C

- **Ưu:** Nhanh, giá thành hạ.

- **Nhược:** Chỉ đột được thép bản có chiều dày $\delta \leq 25$ mm và đường kính lớn nhất 26,5mm. Đột từng tấm ghép lại nên thiếu chính xác. Thành lỗ không nhẵn, xung quanh vùng lỗ từ 2 ÷ 3mm có hiện tượng cứng nguội thép dòn → khả năng chịu tải trọng động và chịu ứng suất tập trung kém.



Hình 2.30: phương pháp đột

2.Phương pháp khoan:

Ký hiệu lỗ loại C

- **Ưu:** * Mức độ chính xác của liên kết cao hơn.

* Khắc phục nhược điểm có hiện tượng cứng nguội xung quanh thành lỗ.

* Dùng cho mọi bề dày và mọi đường kính với nhiều loại thép khác nhau.

- **Nhược:** Năng suất thấp (chậm hơn đột khoảng 4 ÷ 5 lần).

3.Phương pháp đột rồi khoan:

Ký hiệu lỗ loại B

- Đột lỗ nhỏ hơn, đường kính thiết kế từ 2 ÷ 3mm, sau đó định vị các bản thép rồi khoan theo đường kính yêu cầu. Phương pháp này hạn chế nhược điểm và giữ được ưu điểm của 2 phương pháp trên nên thực tế thường sử dụng.

1.3.Kỹ thuật tán đinh:

Có 2 cách: Tán nóng và tán nguội

1.Tán nóng:

- Nung đinh đến nhiệt độ $t^0 = 700^0 \div 800^0C$, lấy đinh ra và đặt vào lỗ, tì chặt đầu có mũ sẵn, rồi dùng búa tán đầu kia. Khi tán thì thân đinh phình ra lấp kín lỗ. Khi nguội thân đinh co lại tạo khe hở từ 0,05 ÷ 0,2mm (khe càng nhỏ liên kết càng chặt). Chiều dài đinh cũng co lại nhưng do bị các bản thép giữ nên thân đinh chịu kéo (ứng suất tại thân đinh đạt đến $1200 \div 1500kg/cm^2$) còn các bản thép bị xiết chặt làm tăng lực ma sát giữa các mặt liên kết → sự truyền lực giữa các tấm thép đều.

- Mặt khác, đinh tán bị nung nóng và nguội chậm nên dẻo, liên kết có độ dai lớn. Nhờ tính chặt và tính dai của liên kết nên có khả năng chịu tải trọng động và tải trọng nặng.

2. Tán nguội:

Chỉ dùng khi đường kính nhỏ, dùng ở xưởng cơ khí có búa máy lớn. Để đinh không bị cong khi tán, tổng bề dày liên kết $\Sigma \delta \leq 5d$. Thân đinh và lỗ khít với nhau nhưng ứng suất ban đầu nhỏ từ $200 \div 600 \text{ kg/cm}^2$.

§2. CẤU TẠO LIÊN KẾT ĐINH TÁN:

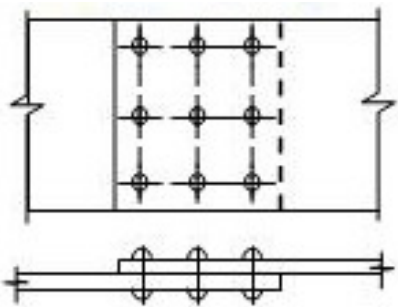
2.1. Các hình thức liên kết đinh tán:

1. Nối thép bản:

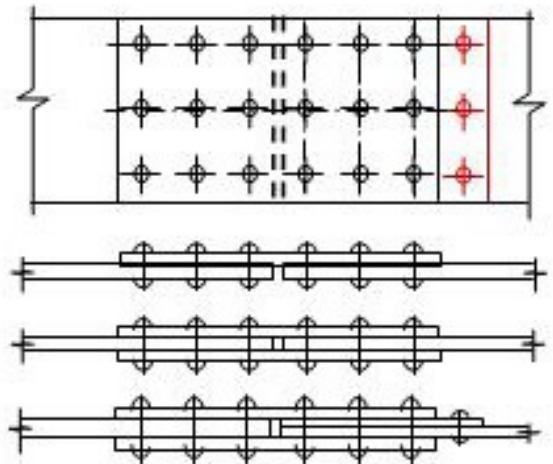
- *Liên kết chồng:* Đơn giản nhưng trong liên kết có hiện tượng lệch tâm nên chỉ dùng trong trường hợp có tải trọng nhỏ.

- *Liên kết đối đầu 01 bản ghép:* Đơn giản, được dùng khi không gian bị hạn chế. Cũng có hiện tượng lệch tâm nên chỉ dùng khi tải trọng không lớn.

- *Liên kết đối đầu 02 bản ghép:* Truyền lực đều đặn, chịu lực tốt.



Hình 2.31: Liên kết chồng



Hình 2.32: Liên kết đối đầu dùng bản ghép

- *Chú ý:*

Khi nối 02 thép cơ bản không cùng bề dày thì phải đệm thêm thép bản để cùng bề dày, bản đệm này kéo dài ra khỏi bản ghép để đủ tán 1 hàng đinh liên kết bản đệm với thép cơ bản.

- *Yêu cầu:*

* Điều kiện diện tích của bản ghép:

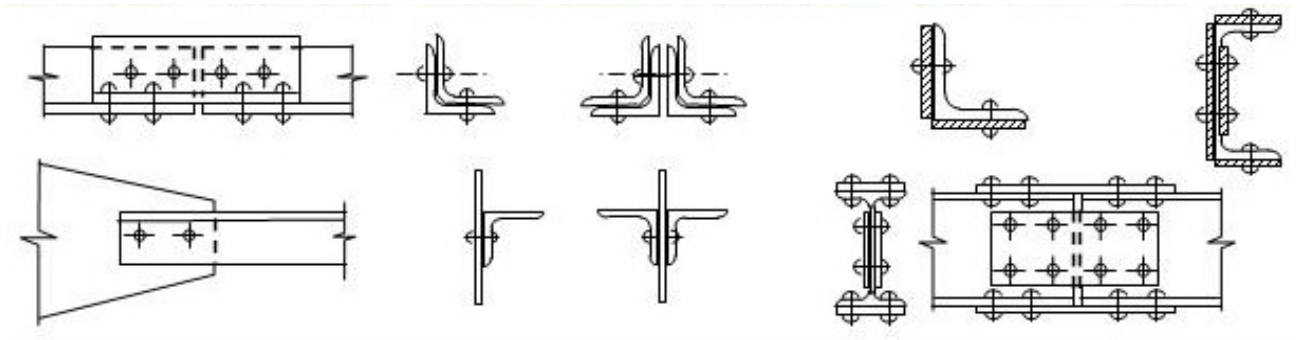
$$\Sigma F_{bg} \geq F_{cb} \quad (2.27)$$

* Bố trí đinh phải thuận tiện cho chế tạo và thi công, Để đinh chịu lực tốt, tâm thân đinh phải trùng với tâm mũ đinh. Nên chọn một loại đinh để tránh phức tạp và nhầm lẫn.

* Với liên kết có hiện tượng lệch tâm (liên kết chồng, liên kết 01 bản ghép) → phải tăng thêm 10% số lượng đinh cần thiết.

2. Nối thép hình:

Thường dùng liên kết đối đầu có bản ghép hoặc thép góc ghép là thép cùng số hiệu, gọt bỏ bớt sống góc.



Hình 2.33: Nối thép hình

2.2. Bố trí đinh:

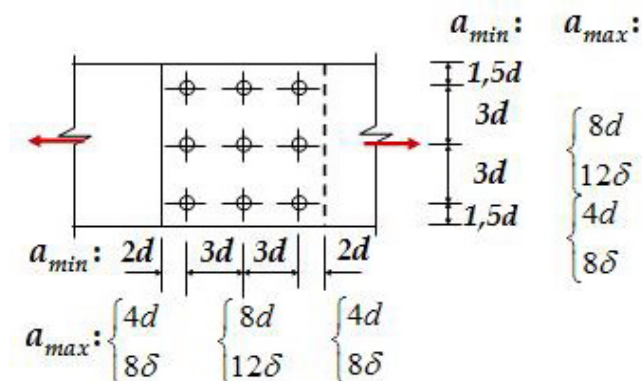
1. Khái niệm:

- * Đường đinh: Các đinh nằm trên một đường thẳng trong liên kết.
- * Dãy đinh: Đường đinh song song với phương lực tác dụng.
- * Hàng đinh: Đường đinh vuông góc với phương lực tác dụng.
- * Khoảng cách min: Khoảng cách tối thiểu giữa các đinh trong liên kết đảm bảo điều kiện thi công và điều kiện ép mặt cho các bản thép. Thường dùng cho khoảng cách giữa 2 hàng đinh để liên kết gọn, ít tốn thép.
- * Khoảng cách max: Khoảng cách tối đa giữa các đinh trong liên kết đảm bảo để các bản thép cùng làm việc được với nhau. Thường dùng bố trí cho các liên kết không chịu lực và khoảng cách của các dãy đinh.

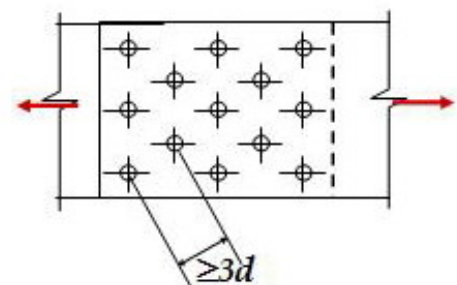
2. Bố trí đinh

- Bố trí đinh trên thép bản và trên thép hình phải đảm bảo điều kiện về chịu lực và thuận tiện chế tạo. Có 02 cách bố trí đinh:

- * Bố trí song song: Đơn giản nên dùng nhiều.
- * Bố trí so le: Phức tạp, nhưng tiết kiệm bản ghép.



Hình 2.34: Bố trí đinh song song



Hình 2.35: Bố trí đinh song song

- Yêu cầu:

* Khoảng cách giữa hàng đinh ngoài cùng đến mép biên vuông góc với phương chịu lực:

$$\min 2d; \max (4d; 8\delta)$$

* Khoảng cách giữa dãy đinh ngoài cùng đến mép biên song song với phương chịu lực:

$$\min 1,5d; \max (4d; 8\delta)$$

* Khoảng cách giữa các đinh trong liên kết:

$$\min 3d; \max (8d; 12\delta)$$

Với: δ : bề dày mỏng nhất trong các bản thép liên kết.

* Khi thiết kế các khoảng cách, bước đinh nên làm tròn 5mm một để dễ gia công.

* Bố trí đinh trên thép góc thì tùy kích thước bề rộng b của cánh thép góc để bố trí một hoặc hai hàng đinh so le hay song song.

$b < 100$ mm: Bố trí 1 hàng đinh

$100 \leq b \leq 150$ mm: Bố trí 2 hàng so le.

$b > 150$ mm : Bố trí 2 hàng song song

* Thép chữ I và U: Cách bố trí đinh cũng được quy định như đối với thép góc.

§3. TÍNH TOÁN LIÊN KẾT ĐINH TÁN

3.1. Sự làm việc của liên kết đinh tán

Trong bản thân đinh tán khi không có lực tác dụng cũng đã có ứng suất trước trong thân đinh N_{ct} do quá trình tán đinh. Khi chịu lực, liên kết làm việc qua 3 giai đoạn:

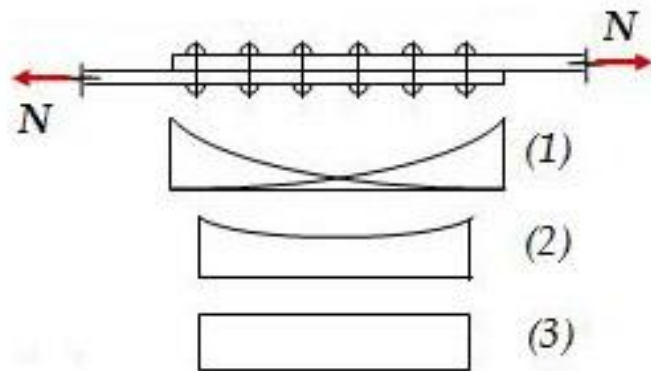
- **Giai đoạn 1:** (Giai đoạn đàn hồi)

Khi có ngoại lực N tác dụng sẽ xuất hiện lực ma sát N_{ms} giữa các bản thép do có lực căng trước N_{ct} .

Khi $N \leq N_{ms} = f \cdot N_{ct}$ (f : Hệ số ma sát phụ thuộc bề mặt tiếp xúc giữa các bản thép) \rightarrow lực truyền từ bản thép này sang bản thép kia nhờ ma sát. Ở mỗi bản thép, ứng suất tại đầu A lớn nhất rồi giảm dần, đến đầu B sẽ triệt tiêu (1) \rightarrow Đinh chưa chịu tác dụng ngoại lực N .

- **Giai đoạn 2:** Khi $N \leq N_{ms} = f \cdot N_{ct}$, thân đinh chịu tác dụng ngoại lực N bị ép chặt vào thành lỗ. Thân đinh chịu ứng suất ép mặt hoặc chịu lực cắt giữa hai tấm. Có hiện tượng trượt giữa các bản thép và ứng suất trong các thân đinh phân bố không đều. Các đinh ngoài cùng chịu lực lớn hơn đinh ở giữa (2)

- **Giai đoạn 3:** (Giai đoạn dẻo). Ứng suất trong các thân đinh phân bố đều (3)



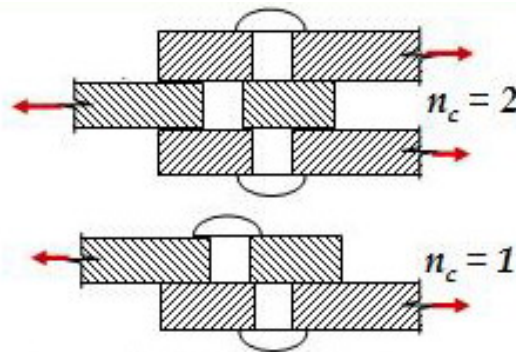
Hình 2.36: Sự làm việc của liên kết đinh tán

- **Giai đoạn 4:** (Giai đoạn phá hoại) Đinh bị phá hoại do bị ép mặt hay bị cắt khi ứng suất đạt cường độ chịu cắt hoặc cường độ chịu ép mặt của đinh.

3.2. Khả năng chịu lực của đinh tán:

1. Khả năng chịu cắt:

Đến trạng thái giới hạn, nếu thân đinh mềm hơn thép cơ bản \rightarrow đinh có thể bị phá hoại do cắt hay bị uốn. Các hiện tượng trên gọi là *hiện tượng cắt* của đinh.



Hình 2.37: Khả năng chịu cắt của đinh tán

Đến trạng thái giới hạn ứng suất cắt trong các đinh và trong từng mặt cắt như nhau, nên khả năng chịu cắt của 1 đinh:

$$[N]_c^d = n_c \cdot \frac{\pi^2}{4} \cdot R_c^d \quad (2.28)$$

n_c : Số mặt cắt trên một thân đinh

R_c^d : Cường độ chịu cắt của đinh (phụ thuộc thép cơ bản, vật liệu đinh, phương pháp tạo lỗ).

d : Đường kính đinh sau khi tán.

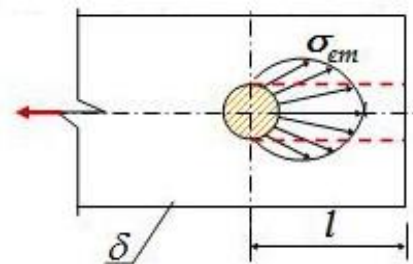
2. Khả năng chịu ép mặt:

Dưới tác dụng của lực vuông góc với thân đinh, thân đinh sẽ bị ép sát thành lỗ. Ứng suất ép mặt σ_{em} phân bố không đều trên thân đinh, đến TTGH sẽ đạt cường độ chịu ép mặt của đinh R_{em}^d . Khả năng chịu ép mặt của một đinh:

$$[N]_{em}^d = d \cdot \sum \delta \cdot R_{em}^d \quad (2.29)$$

$\sum \delta$: Tổng bề dày nhỏ nhất của thép cơ bản cùng chịu kéo về một phía.

R_{em}^d : Cường độ tính toán chịu ép mặt của đinh (phụ thuộc độ nhẵn thành lỗ, phương pháp tán đinh và tính chất cơ học của thép cơ bản)



Hình 2.38: Khả năng chịu ép mặt của đinh tán

3.3. Tính toán liên kết đỉnh tán:

1. Trình tự tính toán:

- * Xác định lực tác dụng lên liên kết. Dự kiến cấu tạo liên kết.
- * Xác định khả năng chịu lực của 1 đỉnh.
- * Tính số lượng đỉnh cần thiết và bố trí.
- * Kiểm tra liên kết.

2. Tính liên kết đỉnh tán chịu lực dọc trục:

a. Xác định lực tác dụng lên liên kết:

- Đối với kết cấu vừa và nhẹ: Tính liên kết theo nội lực do tải trọng ngoài gây ra.
- Đối với kết cấu nặng: Tính lk theo diện tích (theo khả năng chịu lực của kết cấu)

$$\text{Nội lực tính toán: } N = F_{th} \cdot R = 0,85 \cdot F \cdot R \quad (2.30)$$

R: Cường độ chịu lực của thép cơ bản.

F_{th} : Diện tích tiết diện thu hẹp: Diện tích thép cơ bản sau khi trừ lỗ đỉnh.

F: Tiết diện nguyên.

Điều kiện: Khả năng cl của liên kết \geq khả năng cl của thép cơ bản

b. Xác định khả năng chịu lực của 1 đỉnh:

Ở TTGH, đỉnh sẽ bị phá hoại theo khả năng chịu lực nhỏ nhất:

$$[N]_{\min}^d = \min([N]_{\sigma}^d, [N]_{\text{em}}^d)$$

$[N]_{\sigma}^d, [N]_{\text{em}}^d$ xác định theo (2.28) và (2.29).

Đối với thép CT3:

* Khi $\Sigma \delta < 0,65 d \rightarrow ([N]_{\sigma}^d < [N]_{\text{em}}^d \rightarrow \text{Đỉnh bị phá hoại do ép mặt.}$

* Khi $\Sigma \delta > 0,65 d \rightarrow [N]_{\sigma}^d > [N]_{\text{em}}^d \rightarrow \text{Đỉnh bị phá hoại do cắt.}$

$$\text{Chứng minh: } d \cdot \Sigma \delta \cdot R_{\text{em}}^d = \frac{\pi \cdot d^2}{4} \cdot R_c^d \rightarrow \Sigma \delta = \frac{d \cdot \pi}{4} \cdot \frac{R_c^d}{R_{\text{em}}^d} = \frac{d \cdot \pi}{4} \cdot \frac{1800}{4200} = 0,65 d$$

c. Tính số lượng đỉnh:

Gọi N là lực tác dụng lên liên kết thì số lượng đỉnh cần có trong liên kết:

$$n \geq \frac{N}{[N]_{\min}^d} \quad (2.31)$$

→ Chọn số lượng đỉnh nguyên, phù hợp hình thức liên kết.

d. Kiểm tra thép cơ bản:

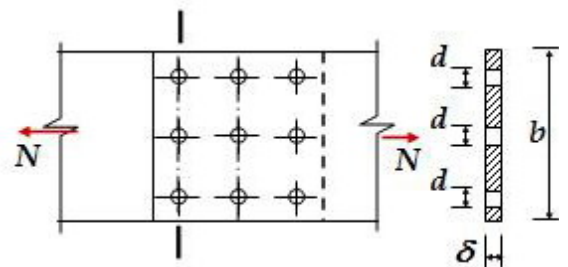
$$\sigma = \frac{N}{F_{th}} \leq R \quad (2.32)$$

F_{th} : Diện tích tiết diện thu hẹp của thép cơ bản.

- Bố trí song song:

$$\begin{aligned} F_{th} &= F_{ng} - F_{lỗ} \\ &= \delta \cdot b - n_1 \cdot \delta \cdot D \\ &= \delta \cdot (b - n_1 \cdot d) \end{aligned} \quad (2.33)$$

n_1 : Số đỉnh ở hàng đầu tiên.

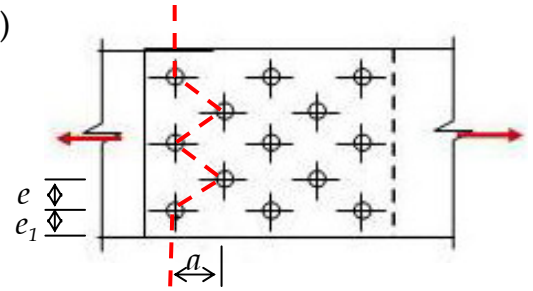


Hình 2.39: Diện tích tiết diện thu hẹp

- **Bố trí so le:** Ngoài việc kiểm tra cho hàng đỉnh đầu còn phải kiểm tra tiết diện thu hẹp theo mặt cắt chữ chi.

$$F_{th} = \delta \cdot [2 \cdot e_1 + (n_2 - 1) \sqrt{a^2 + e^2} - n_2 \cdot d] \quad (2.34)$$

n_2 : Số đỉnh đi qua đường chữ chi.



Hình 2.40: Mặt cắt chữ chi.

- **Điều kiện:** Sau khi bố trí đỉnh $F_{th} > 0,7 F_{ng}$

3. Một số dạng chịu lực khác của đỉnh tán:

a. Liên kết đỉnh tán chịu kéo:

- Khi ngoại lực có phương song song với thân đỉnh tán dụng lên liên kết làm tách rời các phân tố của liên kết làm tách rời các phân tố của liên kết gây cho đỉnh tán chịu kéo.

Khả năng chịu kéo của 1 đỉnh tán:

$$[N]_k^d = \frac{\pi \cdot d^2}{4} \cdot R_k^d \quad (2.35)$$

R_k^d : Cường độ tính toán chịu kéo của đỉnh.

b. Liên kết đỉnh tán chịu M, Q:

*Chịu M:
$$N_{\max} = \frac{M \cdot e_{\max}}{m \cdot \sum e_i^2} \quad (2.36)$$

*Chịu Q:
$$T = \frac{Q}{n} \quad (2.37)$$

*Công thức kiểm tra:

$$\sqrt{N_{\max}^2 + T^2} \leq [N]_{\min}^d \quad (2.38)$$

n : Số đỉnh trên liên kết

m : Số đỉnh trên 1 dây ngoài cùng.

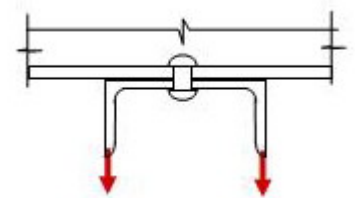
Chứng minh: Coi M cân bằng với các cặp ngẫu lực tác dụng lên những dây đỉnh đối xứng qua trục liên kết:

$$M = \sum N_i \cdot e_i = N_1 \cdot e_1 + N_2 \cdot e_2 + \dots + N_i \cdot e_i + \dots$$

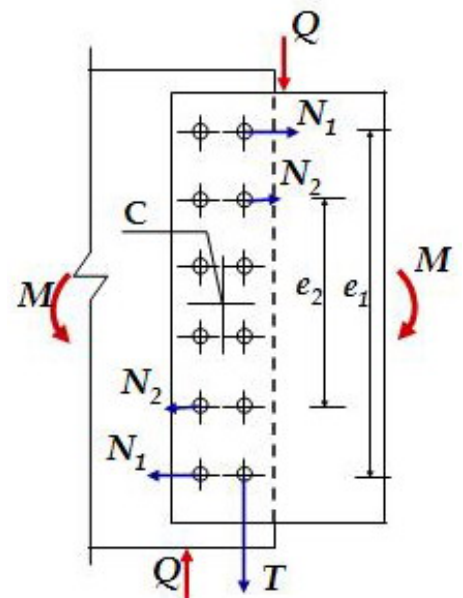
Có:
$$\frac{N_1}{e_1} = \frac{N_2}{e_2} = \dots = \frac{N_i}{e_i} = \dots \rightarrow N_i = \frac{N_1}{e_1} \cdot e_i$$

$$\rightarrow M = m \left(N_1 \cdot e_1 + \frac{N_1}{e_1} \cdot e_2^2 + \dots + \frac{N_1}{e_1} \cdot e_i^2 + \dots \right)$$

$$\rightarrow N_{\max} = \frac{M \cdot e_{\max}}{m \cdot \sum e_i^2}$$



Hình 2.41: Liên kết đỉnh tán chịu kéo



Hình 2.42: Liên kết đỉnh tán chịu M, Q

D. LIÊN KẾT BULON

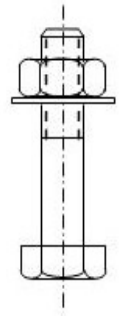
§ 1. KHÁI NIỆM CHUNG :

1.1. Khái niệm:

Bulông là đoạn thép tròn $d = 12 \div 48 \text{ mm}$.

Bulông neo $d \rightarrow 100 \text{ mm}$.

Chiều dài bulông $l = 35 \div 300 \text{ mm}$. Phần thân không ren nhỏ hơn tổng chiều dày cấu kiện từ $2 \div 3 \text{ m}$. Phần ren $l_0 = 2,5d$. Mũi và êcu (đai ốc), long đen \rightarrow phân phối áp lực đai ốc lên thép cơ bản.



Hình 2.43: Cấu tạo bulon

1.2. Phân loại:

1. Bulông thô:

$d_{BL} < d$ lỗ từ $2 \div 3 \text{ mm}$. Sản xuất từ thép C bằng cách rèn, dập \rightarrow ít chính xác, chất lượng không cao, biến dạng nhiều khi làm việc \rightarrow dùng bulông thô, thường để chịu kéo hoặc định vị cấu kiện lắp ghép, không dùng chịu lực công trình quan trọng.

2. Bulông tinh:

$d_{BL} < d$ lỗ từ $0,3 \text{ mm}$. Sản xuất từ thép C, thép hợp kim bằng cách tiện hay khoan lỗ \rightarrow chính xác, liên kết khít, chặt nhưng khó lắp ráp.

3. Bulông thường:

Dùng phổ biến. Có các loại đường kính: $d = 10, 12, 14, 16, 18, 20, 22, 24, 27, 30$

4. Bulông cường độ cao:

Sản xuất từ thép hợp kim sau đó gia công nhiệt. Độ chính xác tương tự như bulông thường nhưng nhờ làm bằng thép cường độ cao nên có khả năng xiết chặt êcu, thân bulông chịu kéo tạo nên lực ép lớn lên các bản thép. Khi chịu lực, giữa các mặt tiếp xúc của các bản thép sẽ có lực ma sát lớn chống lại sự trượt giữa các bản thép.

Thiết kế số lượng đinh thỏa mãn để ngoại lực $<$ lực ma sát \rightarrow liên kết làm việc như thể thống nhất, không bị ép mặt và cắt, ít biến dạng, chịu được tải trọng động, tải trọng nặng dùng cho các công trình quan trọng thay cho liên kết đinh tán. Để đảm bảo khả năng chịu lực của liên kết cần gia công mặt các cấu kiện để tăng độ ma sát.

Khác với liên kết đinh tán (sau khi tán nóng, đinh nguội và co lại, thân đinh chịu kéo gây nên lực ma sát giữa các bản thép) trong liên kết bulông, thân đinh chịu kéo gây nên ma sát giữa các bản thép là nhờ lực xiết bulông.

5. Bulông neo:

Để neo các bộ phận lại với nhau.

Ví dụ: Neo cột vào móng. Một đầu chôn vào bê tông, một đầu bắt chặt vào kết cấu.

§ 2. CẤU TẠO LIÊN KẾT BULÔNG:

Hình thức liên kết và cách bố trí liên kết bulông không khác mấy so với liên kết đinh tán.

2.1. Hình thức liên kết:

a. Nối thép bản:

- * Liên kết đối đầu 02 bản ghép đối xứng → truyền lực tốt.
- * Liên kết đối đầu 01 bản ghép, liên kết ghép chồng: Có hiện tượng lệch tâm → Chịu thêm mômen phụ → tăng thêm 10% bulông so với tính toán.
- * Liên kết 2 bản thép khác chiều dày → dùng bản đệm để chiều dày 2 bản thép bằng nhau → tăng thêm 10% bulông ở phía có bản đệm.

b. Nối thép hình:

- * Liên kết đối đầu nối bằng bản ghép hay thép góc ghép. Khi dùng 1 bản ghép, có hiện tượng lệch tâm, nhưng do thép hình cứng nên ít ảnh hưởng → không cần tăng thêm bulông.
- * Liên kết ghép chồng: Liên kết không đối xứng đối với cấu kiện mềm → tăng 10% bulông.

2.2. Bố trí bulông:

- *Yêu cầu:* Truyền lực tốt, đơn giản, dễ chế tạo.
 - *Bố trí bulông:* Tương tự như liên kết đinh tán, cũng bố trí theo 2 cách: song song hoặc sole dựa vào khoảng cách min, max:
 - * Khoảng cách min: Đảm bảo độ bền bản thép và khoảng cách tối thiểu để vận êcu (đai ốc)
 - * Khoảng cách max: Đảm bảo ổn định phần bản thép giữa 2 bulông (cấu kiện chịu nén), độ chặt liên kết, không cho hơi nước bụi bẩn lọt vào ăn mòn liên kết.
- Liên kết chịu lực thường bố trí theo khoảng cách min để gọn và ít tốn thép. Các khoảng cách min, max tương tự liên kết đinh tán chỉ khác khoảng cách min giữa 2 bulông là $2,5d$.
- Tùy theo bề rộng thép góc b mà bố trí 1 hay 2 dãy bulông song song hay sole trên cánh thép góc như liên kết đinh tán.

§ 3. TÍNH TOÁN LIÊN KẾT BULÔNG:

3.1. Sự làm việc của liên kết bulông:

1. Bulông thường, thô, tinh:

Khi vận êcu bulông → bulông chịu kéo, các bản thép bị xiết chặt tạo ra lực ma sát giữa các bản thép. Khi chịu lực trượt, có 4 giai đoạn:

- *Giai đoạn 1:* Lực trượt < lực ma sát: Các bản thép chưa trượt, bulông chưa chịu tải ngoài lực kéo ban đầu.

- *Giai đoạn 2:* Tăng tải trọng ngoài, lực trượt > lực ma sát : Các bản thép trượt tương đối với nhau, thân bulông tì sát thành lỗ.

- *Giai đoạn 3:* Tiếp tục tăng tải trọng ngoài, bulông ép sát thành lỗ truyền lực cho liên kết. Thân bulông chịu cắt, uốn ,kéo do mũ bulông cản trở sự uốn tự do của thân.

- *Giai đoạn 4:* Lực trượt càng lớn, độ chặt liên kết giảm, ma sát yếu dần. Liên kết bị phá hoại do cắt ngang thân đinh hay đứt các bản thép giữa hai bulông do ép mặt trên thành lỗ gây ra.

2.Bulông cường độ cao:

Nhờ thép làm bulông có cường độ cao nên có thể xiết chặt êcu tạo nên lực ma sát lớn giữa các bản thép tiếp nhận hoàn toàn lực trượt do ngoại lực gây ra. Bulông chỉ chịu kéo do xiết êcu.

3.2.Khả năng chịu lực của bulông:

1.Bulông thường, thô, tinh:

a.Khả năng chịu cắt:

Khi đường kính bulông nhỏ, bản thép dày, bulông có thể bị phá hoại do cắt ngang thân. Khả năng chịu cắt của 1 bulông:

$$[N]_{BL}^c = R_{BL}^c \cdot \gamma_{BL} \cdot F_{BL} \cdot n_C \quad (2.39)$$

R_{BL}^c : Cường độ tính toán chịu cắt của bulông.

γ_{BL} : Hệ số điều kiện làm việc. Bulông thường, thô $\gamma_{BL} = 0,9$; Bulông tinh $\gamma_{BL} = 1$

F_{BL} : Tiết diện bulông $= \pi \cdot d^2 / 4$

n_C : Số mặt cắt tính toán.

b.Khả năng chịu ép mặt:

Khi khoảng cách từ lỗ bulông đến mép bản thép ngắn \rightarrow bulông bị phá hoại cắt đứt theo các đường trượt do ép mặt của bulông lên thành lỗ. Khả năng chịu ép mặt của 1 bulông:

$$[N]_{BL}^{em} = d \cdot (\Sigma \delta)_{min} \cdot R_{BL}^{em} \quad (2.40)$$

$(\Sigma \delta)_{min}$: Tổng chiều dày các bản thép cùng trượt về 1 phía lấy trị số nhỏ.

R_{BL}^{em} : Cường độ tính toán ép mặt của bulông phụ thuộc vật liệu liên kết, phương pháp tạo lỗ

2.Bulông cường độ cao:

- Lực trượt do ngoại lực gây nên hoàn toàn do lực ma sát giữa các bản thép tiếp nhận \rightarrow khả năng chịu trượt của bulông cường độ cao phụ thuộc lực ma sát chịu ảnh hưởng bởi lực ép mặt lên bản thép cũng chính là lực kéo bulông do xiết êcu \rightarrow Khả năng chịu trượt của bulông chính là khả năng chịu ép mặt của các bản thép hay là khả năng chịu kéo của bulông do xiết êcu.

- Lực kéo P của bulông do xiết êcu: $P = R_{BL}^k \cdot F_{th\ BL}$

- Khả năng chịu trượt của một bulông cường độ cao:

$$[N]_{BLC} = R_{BL}^k \cdot F_{th\ BL} \cdot \gamma_{BL} \cdot (\mu / \gamma_{TC}) \cdot k \quad (2.41)$$

lỗ.

R_{BL}^k : Cường độ tính toán chịu kéo. $R_{BL}^k = 0,7.R_{BL}^{tc}$

R_{BL}^{tc} : Cường độ tức thời tiêu chuẩn bulông

$F_{th\ BL}$: Diện tích thu hẹp bulông do ren \rightarrow tra bảng.

γ_{BLC} : Hệ số điều kiện làm việc khi chịu tải trọng động hoặc do sai lệch đường kính

μ : Hệ số ma sát

γ_{TC} : Hệ số tin cậy của liên kết \rightarrow tra bảng.

k : Số mặt phẳng ma sát tính toán.

3.3. Tính toán liên kết bulông:

1. Bulông chịu lực trực:

a. Chọn đường kính bulông d và các bản ghép δ :

- Công trình thường: $d = 20 \div 24\text{mm}$; công trình nặng: $d = 24 \div 30\text{mm}$.

- Điều kiện bản ghép: $\Sigma F_{bg} \geq F$ (2.42)

F_{bg} : Tổng diện tích tiết diện các bản ghép.

F : Diện tích tiết diện cấu kiện liên kết.

- Chiều rộng bản ghép bằng chiều rộng bản thép cơ bản.

b. Tính số bulông cần thiết:

* Bulông thường, thô, tinh:

$$n \geq \frac{N}{[N]_{\min}^{BL}} \quad (2.43)$$

Với: $[N]_{\min}^{BL} = \min ([N]_{BL}^c, [N]_{BL}^{em})$.

* Bulông cường độ cao:

$$n \geq \frac{N}{[N]_{BLC} \cdot \gamma} \quad (2.44)$$

γ : Hệ số điều kiện làm việc

c. Kiểm tra liên kết:

* Kiểm tra bền bản thép giảm yếu:

$$\text{Bulông thường, thô, tinh: } \sigma = \frac{N}{F_{th}} \leq R \cdot \gamma_b \quad (2.45)$$

$$F_{th} = F_{ng} - F_{gy} = F_{ng} - n_1 \cdot \delta \cdot d \quad (2.46)$$

Với: γ_b : Hệ số điều kiện làm việc.

n_1 : số bulông trên một hàng.

$$\text{Bulông cường độ cao: } \sigma = \frac{N}{F_{th}} \leq R \cdot \gamma_{BL} \quad (2.47)$$

Tải trọng tĩnh: Nếu $F_{th} \geq 0,85 F_{ng} \rightarrow F_{th} = F_{ng}$

Nếu $F_{th} \leq 0,85 F_{ng} \rightarrow F_{qu} = 1,18 F_{th}$

Tải trọng động: Dùng F_{th} để tính toán.

2. Bulông chịu kéo:

- Khi ngoại lực có phương song song với thân bulông tác dụng lên liên kết sẽ tách rời các bản thép làm bulông chịu kéo. Khi tải trọng ngoài $N \geq N_{tr}$ (lực kéo ban đầu trong thân bulông do xiết êcu), bulông mới chịu kéo do tải trọng ngoài và sẽ bị phá hoại khi ứng suất trong thân bulông đạt cường độ chịu kéo của vật liệu làm bulông.

- Khả năng chịu kéo của một bulông:

$$[N]_{BL}^K = F_{th} \cdot R_{BL}^K \quad (2.48)$$

$F_{th} = \frac{\pi \cdot d_0^2}{4}$: Diện tích tiết diện bulông chỗ có ren \rightarrow tra bảng.

R_{BL}^K : Cường độ tính toán của vật liệu bulông khi chịu kéo \rightarrow tra bảng.

- Số bulông cần thiết:

$$n \geq \frac{N}{[N]_{BL}^K \cdot \gamma} \quad (2.49)$$

γ : Hệ số điều kiện làm việc.

3. Bulông chịu mômen M, lực cắt Q:

Tương tự như liên kết đinh tán:

$$N_{BL} = \sqrt{N_{BL(M)}^2 + N_{BL(Q)}^2} \leq \gamma \cdot [N]_{min}^{BL} \quad (2.50)$$

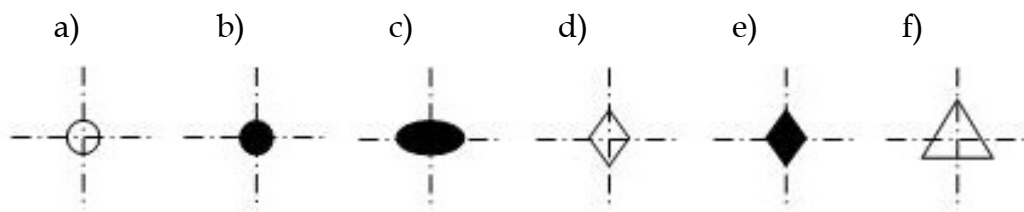
$$\text{Với: } N_{BL(M)} = \frac{M \cdot l_{max}}{m \cdot \sum l_i^2} \quad (2.51)$$

$$N_{BL(Q)} = \frac{Q}{n} \quad (2.52)$$

n : Số bulông trên liên kết.

l_{max} : Khoảng cách giữa 2 dãy bulông ngoài cùng

3.4. Ký hiệu bulông, đinh tán:



Hình 2.44: Ký hiệu đinh tán, bulon.

- a) Đinh tán đầu bán cầu.
- b) Lỗ đinh tán, lỗ bulon.
- c) Lỗ bulon hình bầu dục.
- d) Bulon vĩnh cửu.
- e) Bulon tạm.
- f) Bulon cường độ cao.